

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

27 284/4

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 20 209 A 1

51 Int. Cl. 5: *gattungsb.*  
H 02 K 29/06  
H 02 K 19/06  
H 02 K 3/52

21 Aktenzeichen: P 42 20 209.4  
22 Anmeldetag: 19. 6. 92  
43 Offenlegungstag: 14. 1. 93

30 Unionspriorität: 32 33 31  
27.06.91 US 722349

71 Anmelder:  
Dana Corp., Toledo, Ohio, US

74 Vertreter:  
Berendt, T., Dipl.-Chem. Dr.; Leyh, H., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Hering, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000  
München

72 Erfinder:  
Baronsky, Richard A.; Senak jun., Peter, Bristol,  
Conn., US; Wollins, Steven H., Glastonbury, Conn.,  
US

54 Motor mit variabler Reluktanz mit Flachdrahtwicklung

57 Die Erfindung betrifft einen Motor mit variabler Reluktanz mit einem Stator mit einer Mehrzahl von radial einwärts sich erstreckenden Polen. Eine Wicklung aus Flachdraht ist um jeden der Stator-Pole angeordnet. Abflachungen sind an der inneren Oberfläche des Stators angrenzend an die Seiten jedes Stator-Pols ausgebildet, so daß die Wicklungen aus Flachdraht dort flach anliegen können. Ein Paar fester zylindrischer Halterungen ist vorgesehen, zum Halten der Spulen aus Flachdraht auf den Polen. Ein Rotor ist im Stator eingebaut. Der Rotor ist drehfest mit einer Rotorwelle verbunden. Eine Mehrzahl von radial auswärts verlaufenden Polen ist an der Außenfläche des Rotors ausgebildet. Ein elektrischer Strom wird selektiv durch jede der Wicklungen aus Flachdraht hindurchgeführt, um den Rotor relativ zum Stator in Drehung zu versetzen. Jede der Wicklungen oder Spulen aus Flachdraht beginnt mit einer Anfangswindung und einer Endwindung. Die Flachdrähte jeder Anfangswindung und jeder Endwindung werden als Anschlußkabel zum Anschluß der Wicklungen an einen Steuerschaltkreis verwendet, um elektrischen Strom durch die Spulen hindurchzuführen. Die verschiedenen Anfangswindungen und Endwindungen sind geeignet um den Umfang des Stators ausgerichtet und geführt.

DE 42 20 209 A 1

DE 42 20 209 A 1

Die Erfindung betrifft allgemein Elektromotoren und insbesondere einen Motor mit variabler Reluktanz, der Wicklungen aus Flachdraht hat.

Elektromotoren sind bekannte Maschinen, die elektrische Energie in eine mechanische Rotationsenergie umformen. Hierzu werden elektromagnetische Felder erzeugt, um die gewünschte mechanische Rotation zu schaffen. Es gibt viele verschiedene Arten von Elektromotoren, die unterschiedliche Mittel anwenden, um die elektromagnetischen Felder zu erzeugen und zu steuern. Die Betriebskennzeichen dieser Motoren variieren daher von Typ zu Typ und manche Typen von Elektromotoren sind besser geeignet zur Ausführung bestimmter Aufgaben als andere.

Synchronmotoren stellen eine Hauptklasse von Elektromotoren dar. Die beiden Grundkomponenten eines Synchronmotors sind eine Einrichtung zur Erzeugung eines stationären Magnetfeldes, allgemein als Stator bezeichnet, eine drehbare Komponente die hierdurch angetrieben wird und die allgemein als Rotor bezeichnet wird. Stator und Rotor bestehen gewöhnlich aus magnetischen Materialien wie z. B. Eisen. Synchronmotoren sind dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Rotors direkt auf die Frequenz des angelegten elektrischen Eingangssignales bezogen ist. Solange daher die Frequenz des angelegten elektrischen Eingangssignales konstant ist, wird der Rotor mit einer konstanten Drehzahl angetrieben. Innerhalb dieser allgemeinen Definition variieren jedoch Struktur und Betriebsweise der Synchronmotoren in weitem Umfang.

Eine bestimmte Sorte von Synchronmotoren ist bekannt als Motoren mit variabler Reluktanz. Diese Motoren arbeiten auf dem Prinzip, daß ein Magnetfeld, das eine Komponente aus magnetischem Material umgibt, eine mechanische Kraft auf diese Komponente ausübt und diese so beaufschlagt, daß sie mit den magnetischen Flußlinien, die von dem Magnetfeld erzeugt werden, fluchtet. Indem so der Stator benutzt wird, um ein Magnetfeld um den Rotor herzustellen und zu drehen kann der Rotor drehend angetrieben werden, so daß er sich relativ zum Stator dreht. In einer Basisausführung eines solchen Motors mit variabler Reluktanz kann dies bewirkt werden indem ein Paar sich gegenüberliegende Magnetpole am Stator und ein entsprechendes Paar sich gegenüberliegender Magnetpole am Rotor ausgebildet wird.

Eine Wicklung aus elektrisch leitendem Draht ist um jeden der beiden Stator-Pole gewickelt. Indem ein elektrischer Strom durch jede der Statorwicklungen in geeigneter Weise hindurchgeführt wird, können die Stator-Pole selektiv magnetisiert werden, so daß sie die entsprechenden Pole des Rotors anziehen.

Häufig sind zwei oder mehr Pol-Paare am Stator und am Rotor vorgesehen. Bei einem solchen weiter entwickelten VR-Motor (Motor mit variabler Reluktanz) wird der elektrische Strom nacheinander durch die Statorwicklungen geführt, so daß die entsprechenden Rotor-Pole angezogen werden. Indem mehr Pole am Stator und am Rotor vorgesehen werden, kann das gesamte Drehmoment, das von dem VR-Motor erzeugt wird, gesteigert werden. Ferner erleichtern die zusätzlichen Pole die Rotation des Rotors zu einer gleichmäßigeren Drehung.

Um die Wirkungsweise des VR-Motors weiter zu optimieren, kann die Stärke des elektrischen Stromes, der nacheinander durch die Stator-Pole geleitet wird, verän-

dert werden als Funktion der Rotations-Versetzung des Rotors, im Gegensatz zu der einfachen Ein-Aus-Stromzufuhr. Beispielsweise kann die Stärke des elektrischen Stroms, der durch eine spezielle Stator-Wicklung hindurchgeführt wird, anfänglich hoch sein, jedoch abnehmen wenn sich der Rotor-Pol auf die Statorwicklung zubewegt. Die Stator-Wicklung wird daher daran gehindert, weiterhin den Rotor-Pol auf sie zu anziehen, nachdem der Rotor-Pol sich an dem Stator-Pol vorbeigedreht hat.

Die elektromagnetischen Wicklungen, die in VR-Motoren verwendet werden, werden durch Aufwickeln von elektrisch leitendem Draht um die Pole des Stators gebildet. Der in solchen Wicklungen verwendete Draht ist gewöhnlich ein Draht mit kreisförmigem Querschnitt. Obwohl dieser Draht allgemein üblich und relativ billig ist, eignet sich ein Draht mit Kreisquerschnitt nicht für eine hohe Wicklungsdichte, da der Kreisquerschnitt des Drahtes eine relativ große Anzahl von Lücken schafft zwischen benachbarten Windungen des Drahtes wenn die Spule gewickelt wird. Die Gesamtwicklungsdichte (d. h. die Anzahl von Windungen je Raumeinheit) der Spule ist daher begrenzt. Da die Stärke des elektromagnetischen Feldes, das vom Stator erzeugt wird (bei akzeptablen Energieverlusten) direkt auf die Wicklungsdichte bezogen ist, ist auch die Stärke des elektromagnetischen Feldes begrenzt (aufgrund von thermischen Überlegungen). Es ist daher erwünscht, eine bessere elektromagnetische Wicklung für einen VR-Motor zu schaffen, der die Gesamtwicklungsdichte der Spulen maximiert, um die Stärke des erzeugten elektromagnetischen Feldes zu maximieren.

Die Erfindung sieht daher eine verbesserte Struktur für einen Motor mit variabler Reluktanz vor. Der Motor hat einen Stator, der eine allgemein hohle und zylindrische Gestalt hat. Eine Mehrzahl von radial einwärts verlaufenden Polen ist an der Innenoberfläche des Stators ausgebildet, wobei sich jeder über dessen gesamte Länge erstreckt. Eine gewickelte elektromagnetische Spule aus Flachdraht ist um jeden der Stator-Pole gewickelt. Abflachungen sind an der inneren Oberfläche des Stators ausgebildet, angrenzend an die Seiten von jedem Stator-Pol, so daß die Spulen aus Flachdraht dort flach anliegen können. Ein Paar fester zylindrischer Halterungen ist vorgesehen, um die Spulen oder Wicklungen aus Flachdraht an den Polen zu halten. Ein allgemein zylindrischer Rotor ist im Stator eingebaut. Der Rotor umfaßt eine Welle und den eigentlichen, auf dieser befestigten, Rotor. Eine Mehrzahl von radial auswärts verlaufenden Polen ist an der Außenfläche des Rotors ausgebildet, von denen sich jeder über dessen gesamte Länge erstreckt. Elektrischer Strom wird selektiv durch jede der Wicklungen aus Flachdraht hindurchgeführt, um den Rotor relativ zum Stator zur Drehung zu bringen. Jede der Wicklungen oder Spulen aus Flachdraht ist gewickelt beginnend mit einer Anfangswicklung und enden mit einer Endwicklung. Die Flachdrähte in den Anfangs- und den Endwicklungen werden als Kabel zum Anschluß der Spulen an eine Steuerschaltung benutzt, um elektrischen Strom durch die Spulen zu leiten. Ein neuartiger Aufbau zur Ausrichtung der verschiedenen Anfangswindungen und Endwindungen um den Umfang des Stators ist ebenfalls vorgesehen.

Beispielsweise Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert, in der

Fig. 1 in auseinandergezogener perspektivischer Ansicht einen Stator und eine einer Mehrzahl von Spulen

aus Flachdraht zeigt, die im Stator montiert werden für einen Motor mit variabler Reluktanz.

Fig. 2 zeigt in auseinandergezogener perspektivischer Darstellung die Spulen aus Flachdraht eingebaut in den Stator nach Fig. 1 sowie den Rotor und ein Paar in diesen eingebauten Spulenhaltungen.

Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt eines zusammengebauten Motors mit variabler Reluktanz nach der Erfindung.

Fig. 4 zeigt einen Schnitt längs der Linie 4/4 von Fig. 3.

Fig. 5 zeigt schematisch eine Stirnansicht des Motors nach Fig. 3 und 4, wobei dargestellt ist, in welcher Weise die verschiedenen Kabel der Spulen aus Flachdraht um den Umfang des Stators ausgerichtet sind.

In Fig. 1 ist ein Stator 10 dargestellt zur Verwendung in einem Motor mit variabler Reluktanz nach der Erfindung. Der dargestellte Stator 10 ist allgemein hohl und zylindrisch obwohl der Stator 10 auch andere bekannte Formen haben kann. Eine Mehrzahl von Abflachungen 11 (4 in der dargestellten Ausführungsform) ist an der Außenfläche des Stators 10 ausgebildet. Zwischen den Abflachungen oder ebenen Flächen 11 ist eine Mehrzahl von längs verlaufenden Nuten 12 (4 in der dargestellten Ausführungsform) in der gekrümmten Außenfläche des Stators 10 ausgebildet. Der Zweck dieser Nuten 12 wird nachfolgend erläutert.

Eine Mehrzahl von Polen 13 ist an der Innenfläche des Stators 10 ausgebildet. Jeder der Stator-Pole 13 verläuft radial einwärts von der Innenoberfläche des Stators 10 aus und er hat einen allgemein rechteckigen Querschnitt. Die Stator-Pole 13 verlaufen in Längsrichtung über die gesamte Länge der Innenfläche des Stators 10. Die radial am weitesten innen liegenden Oberflächen der Stator-Pole 13 sind gekrümmt und bilden einen Innendurchmesser. Dieser Innendurchmesser ist kleiner als der Durchmesser, der durch die Innenoberfläche des Stators 10 gebildet ist, von welchem die Stator-Pole 13 aus sich radial einwärts erstrecken. Wie am besten in Fig. 4 dargestellt ist, ist eine ebene Fläche 13a an der inneren Oberfläche des Stators 10 angrenzend an beide Seiten von jedem der Stator-Pole 13 ausgebildet. Die ebenen Flächen 13a erstrecken sich quer zu den Seiten der Stator-Pole 13 und der Zweck wird nachfolgend beschrieben. Zwischen benachbarten Abflachungen oder ebenen Flächen 13a sind Zwischenabschnitte 13b an der Innenoberfläche des Stators 10 ausgebildet.

Der Stator 10 besteht aus einem magnetischen Material z. B. Eisen. Vorzugsweise wird der Stator 10 hergestellt durch Ausstanzen einer Vielzahl von Platinen aus einem relativ dünnen Blech aus dem magnetischen Material. Jede der Platinen hat einen Querschnitt, der dem Querschnitt des Stators 10 entspricht. Die Platinen werden dann auf einer Halterung fluchtend miteinander aufgereiht. Ein nicht gezeigter Klebstoff wird zwischen benachbarte Platinen eingebracht, um zu verhindern, daß sie sich relativ zueinander drehen wegen der Torsionskräfte, die im Betrieb auftreten. Der Klebstoff kann in konventioneller Vakuummethode aufgebracht werden nachdem alle Platinen auf der Halterung aufgereiht worden sind. Diese Vakuumimprägnierung von Klebstoff ist auch wirksam hinsichtlich einer Geräuschreduzierung. Alternativ kann der Klebstoff individuell aufgebracht werden beim Aufreihen der Platinen auf die Halterung.

In jedem Fall hält der Klebstoff den Stapel aus Platinen in Flucht miteinander, so daß eine Mehrzahl von längs verlaufenden Schweißungen (nicht gezeigt) längs

der Außenfläche des Platinenstapels ausgeführt werden kann. Diese Schweißung kann mittels bekannter Elektronenstrahltechnik ausgeführt werden um eine axiale und torsionsmäßige Trennung der Platinen zu verhindern. Alternativ kann der Stator 10 durch Nieten oder andere konventionelle Mittel zusammengehalten werden. Der Stator 10 ist bevorzugt in dieser laminierten Weise aufgebaut, um die Erzeugung von Wirbelströmen im Stator 10 zu minimalisieren, welche die Stärke des erzeugten elektromagnetischen Feldes reduzieren könnten.

Eine elektromagnetische Wicklung 15 ist für jeden Pol 13 des Stators 10 vorgesehen. Wie Fig. 1 zeigt, besteht jede Wicklung aus einem flachen Streifen aus einem relativ dünnen isolierten Flachdraht, der wiederholt um sich selbst gewickelt ist. Die Spulen 15 können gebildet werden durch Wickeln der Streifen aus Flachdraht um einen nicht leitenden Isolator (nicht gezeigt) der auf einem Dorn (nicht gezeigt) oder einem ähnlichen Wickelapparat gehalten ist. Die nicht leitenden Isolatoren sind konventionell und sie sind daher aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen worden. Solche Isolatoren sind vorgesehen, um zu gewährleisten, daß keine elektrische Verbindung zwischen den Spulen 15 und dem Stator 10 besteht. Die Spule 15 wird so gewickelt, daß sie dieselbe Gestalt (jedoch etwas größer) als die Stator-Pole 13 hat.

Jede der Spulen 15 bildet somit einen hohlen Innenraum, der etwas größer ist als der Stator-Pol 13, auf welchem sie montiert wird. Jede Spule 15 beginnt mit einer Startwindung 15a und einer Endwindung 15b. Die Start- oder Anfangswindungen und die Endwindungen 15a und 15b jeder der Wicklungen 15 sind an einen äußeren Schaltkreis (nicht gezeigt) angeschlossen, um den Betrieb des VR-Motors in noch zu beschreibender Weise zu steuern.

Die Bezeichnung "Flachdraht" beschreibt eine spezifische Struktur für einen elektrischen Leiter, die an sich bekannt ist. Flachdraht oder Foliendraht zeichnet sich dadurch aus, daß seine Breite beträchtlich größer ist als seine Dicke. Somit wird Flachdraht oder Foliendraht typischerweise nur in aufeinanderfolgenden Lagen mit radial zunehmenden Dimensionen gewickelt, nicht jedoch mittels Seite an Seite liegenden Windungen. Dies steht im Gegensatz zu konventionellem Draht mit Kreisquerschnitt oder quadratischem Querschnitt, wo eine Anzahl von Wicklungen zunächst Seite an Seite gelegt wird ehe die nächste Lage aufgebracht wird. Beispielsweise eignet sich ein Flachdraht mit einer Breite von etwa 8 mm und einer Dicke von etwa 0,25 mm. Der Flachdraht selbst besteht geeignet aus Kupfer und er ist vollständig beschichtet mit einem dünnen elektrischen Isolator aus konventionellem Material. Es kann selbstverständlich auch Flachdraht mit anderen Abmessungen verwendet werden.

Die Dicke des verwendeten Flachdrahtes in jeder der Spulen 13 und demzufolge die Anzahl der Windungen hängt von der Größe des VR-Motors und von seinem speziellen Anwendungsfall ab. Beispielsweise ist die Breite des Flachdrahtes (welche die radiale Abmessung der aufgewickelten Spule 15 bestimmt wenn sie in den Stator 10 eingebaut ist) vorzugsweise gleich oder etwas kleiner als das radiale Maß des Stator-Poles 13, auf den sie aufgesetzt wird. Wenn somit die Spulen 15 in den Stator eingebaut sind, wie in Fig. 2 dargestellt ist, bilden die radial inneren Oberflächen der Spulen 15 einen Innendurchmesser, der gleich oder etwas größer ist als der Innendurchmesser, der durch die radial inneren Oberflä-

chen der Stator-Pole 13 definiert ist.

Fig. 2 zeigt, daß je eine Spule 15 auf je einen der Stator-Pole 13 aufgebracht ist. Hierzu werden die Spulen 15 zuerst in Längsrichtung in den Stator 10 eingeschoben und dann radial auswärts bewegt und auf ihren zugehörigen Stator-Pol 13 aufgesetzt oder aufgeschoben. Die nichtleitenden Isolatoren zwischen jeder der Spulen 15 und den zugehörigen Stator-Polen 13 sind wegen der Übersichtlichkeit weggelassen worden. Aus demselben Grund sind auch die Anfangswicklungen und die Endwicklungen 15a und 15b in Fig. 2 nicht dargestellt. Es sind Mittel vorgesehen, um die Wicklungen 15 in der in Fig. 2 gezeigten Position zu halten wenn die Wicklungen 15 um die Stator-Pole 13 in dieser Weise installiert worden sind. Wie die Fig. 2 und 3 zeigen, umfassen diese Haltemittel ein Paar allgemein hohlzylindrischer Spulenhalterungen 16 und 17. Die Halterungen 16 und 17 bestehen aus einem festen nichtleitenden und nichtmagnetischen Material. Die äußeren Umfangsflächen der Halterungen 16 und 17 sind geeignet, die Innenseiten der Endabschnitte jeder der Spulen 15 zu erfassen, die auf die Stator-Pole 13 aufgesetzt sind (Fig. 3).

Hierzu sind die äußeren Durchmesser der Halterungen 16 und 17 so bemessen, daß sie annähernd gleich den Innendurchmesser sind, der durch die Innenseiten der Spulen 15 definiert ist. Als Folge hiervon können die Halterungen 16 und 17 eingepreßt werden, so daß sie bündig in Eingriff mit den Innenflächen der Wicklungen 15 stehen. Die Festigkeit der Halterungen 16 und 17 hält die Spulen oder Wicklungen 15 in ihrer Position um die Stator-Pole 13. Die inneren Oberflächen der Halterungen 16 und 17 sind mit entsprechenden ausgenommenen Endabschnitten 16a und 17a ausgebildet deren Zweck noch beschrieben wird.

Eine Rotoranordnung 20 ist für den VR-Motor vorgesehen. Die Rotoranordnung 20 umfaßt eine allgemeine zylindrische Welle 21, die wie dargestellt hohl ausgebildet sein kann. Ein Rotor 22 ist auf der Welle 21 drehfest mit ihr befestigt. Wie der Stator 10 besteht auch der Rotor 22 aus einem magnetischen Material z. B. Eisen. Die Welle 21 kann ebenfalls aus dem magnetischen Material bestehen. Alternativ kann die Rotoranordnung 20 auch andere bekannte Formen haben. Der Rotor 22 besteht vorzugsweise aus einer Mehrzahl von Platinen aus relativ dünnen Folien aus magnetischem Material, die ausgestanzt und miteinander verbunden sind wie oben bezüglich des Stators 10 beschrieben wurde. Der Rotor 22 ist auf der Welle 21 mittels eines Keils oder dergleichen (nicht gezeigt) befestigt. Die Welle 21 und der Rotor 22 rotieren daher zusammen als eine Einheit.

Eine Mehrzahl von Polen 23 ist an der Außenfläche des Rotors 22 ausgebildet. Jeder Rotor-Pol 23 erstreckt sich radial nach außen von der Außenfläche des Rotors 22 aus und er hat einen allgemein rechteckigen Querschnitt. Die Rotor-Pole 23 verlaufen in Längsrichtung über die gesamte Länge der Außenfläche des Rotors 22. Die radial äußersten Oberflächen der Rotor-Pole 23 sind gekrümmt und bilden einen Außendurchmesser, der etwas kleiner ist als der Innendurchmesser, der durch die radial innersten gekrümmten Oberflächen der Stator-Pole 13 definiert ist. Somit ist ein schmaler Luftspalt zwischen den Stator-Polen 13 und den Rotor-Polen 23 vorhanden.

Wie die Fig. 3 und 4 zeigen, ist die Rotoranordnung 20 im Stator 10 zur relativen Drehung zu diesem eingebaut. Ein Paar Lager 25 und 26 ist auf der Welle 21 für diesen Zweck montiert. Die Lager 25 und 26 halten und stützen entsprechende Endglocken oder -deckel 27 und

28 ab zur Drehung relativ zur Welle 21. Das erste Lager 25 ist zwischen dem Deckel 27 und der Welle 21 gehalten durch ein erstes Paar von Schnappringen 25a. Ebenso ist das zweite Lager 26 zwischen dem Deckel 28 und der Welle 21 durch ein zweites Paar von Schnappringen 26a gehalten. Eine Wellenfeder 25b kann zwischen einem der Schnappringe 25a und dem ersten Lager 25 eingebaut werden, um eine Vorspannkraft auf beide Lager 25 und 26 auszuüben. Die beiden Deckel 27 und 28 sind an den gegenüberliegenden Enden des Stators 10 mittels einer Mehrzahl von Schrauben 29 (4 in der dargestellten Ausführungsform) befestigt, wie Fig. 4 zeigt. Die Schrauben 29 erstrecken sich durch entsprechende Bohrungen in jede der Deckel 27 und 28 und durch die Nuten 12, die in der Außenfläche des Stators 10 ausgebildet sind. Der Stator 10 und die Deckel 27 und 28 sind daher als Einheit miteinander verbunden und die Rotoranordnung 20 ist drehbar in dieser mittels der Lager 26 und 27 gelagert.

Wie oben erwähnt sind die Innenflächen der zylindrischen Spulenhalterungen 16 und 17 mit entsprechend ausgenommenen Endabschnitten 16a und 17a versehen. Diese Aussparungen 16a und 17a dienen dazu, einen ausreichenden Freiraum zu den Rotor-Polen 23 zu gewährleisten. Anderenfalls könnten die Rotor-Pole 23 an den Innenflächen der Halterungen 16 und 17 streifen wenn sich der Rotor 20 relativ zum Stator 10 dreht. Wie Fig. 3 zeigt, sind die Halterungen 16 und 17 zwischen dem Stator 10 und den Deckeln 27 und 28 zwischen den Lagern 25 und 26 eingebaut. Wie oben erwähnt, ist jede der Wicklungen 15 an einen äußeren Schaltkreis (nicht gezeigt) angeschlossen, der dazu dient, den Betrieb des VR-Motors zu steuern. Dieser Anschluß erfolgt mit Hilfe der Anfangs- und Endwicklungen 15a und 15b in nachfolgend beschriebener Weise. Die Steuerschaltung ist konventionell für Elektromotoren, bildet keinen Teil der Erfindung. Um eine Steuerung des Betriebs des VR-Motors zu bewirken, wird durch die Steuerschaltung selektiv ein elektrischer Strom durch jede der Spulen 15 geleitet, um elektromagnetische Felder im Stator 10 aufzubauen und zu steuern. Diese elektromagnetischen Felder ziehen selektiv die Rotor-Pole 23 auf die Stator-Pole 13 zu in bekannter Weise an. Als Folge dieser elektromagnetischen Anziehung dreht sich die Rotoranordnung 20 relativ zum Stator 10.

Es sind Mittel vorgesehen, um die Drehzahl, die Richtung der Drehung und die Winkelposition des Rotors 20 relativ zum Stator 10 zu erfassen. In der dargestellten Ausführungsform umfassen diese Mittel eine Stator-Sensorpackung 30, die am Ende des Deckels 27 angebracht ist. Die Sensorpackung 30 kann hergestellt werden indem eine kleine Zahl (beispielsweise 3) der Platinen miteinander verbunden wird, die für den Stator 10 verwendet werden. Die Statorpackung 30 hat daher vorzugsweise dieselbe Anzahl von Zähnen (8 in der dargestellten Ausführungsform) wie die Anzahl der Stator-Pole 13. Ferner sind die Zähne der Sensorpackung 30 vorzugsweise im Winkel ausgerichtet mit den Stator-Polen 13. Die Zähne der Sensorpackung 30 sind mit elektrisch leitenden Windungen versehen (nicht gezeigt), die an die Steuerschaltung mittels nicht gezeigten elektrischen Leitungen angeschlossen sind.

Die Meßeinrichtungen umfassen ferner eine Rotor-Sensorpackung 31, die wie die Packungen 30 aus denselben Platinen gebildet sein kann, wie sie für den Rotor 22 verwendet werden. Die Rotor-Sensorpackung 31 kann auf einer hohlzylindrischen Nabe 32 montiert sein, die mit der Welle 21 durch eine oder mehrere Schrauben 33

verbunden ist. Wie die Packung 30 ist auch die Packung 31 vorzugsweise mit derselben Anzahl von Zähnen versehen wie die Anzahl der Rotor-Pole 23 und diese Zähne sind vorzugsweise im Winkel ausgerichtet mit den Rotor-Polen 23. Wenn somit die Rotoranordnung 20 relativ zum Stator 10 während des Betriebs des VR-Motors rotiert, dreht sich die Sensorpackung 31 relativ zur Sensorpackung 30. Vorzugsweise sind die bei den Packungen 30 und 31 entsprechend magnetisch isoliert gegen den Stator 10 und die Rotoranordnung 20. Dies kann bewirkt werden durch eine Verbindung zwischen diesen Teilen aus einem Nicht-eisen-Material.

Beispielsweise können der Deckel 27 und die Nabe 32 aus Aluminium, Messing oder dergleichen bestehen.

Wenn der Motor zusammengebaut ist, wie in Fig. 3 gezeigt, sind die Zähne der Packung 30 allgemein koplanar mit den Zähnen der Packung 31. Die Induktanz der Wicklungen auf jedem Pol der Packung 30 sind Funktionen der relativen Winkelversetzung zwischen diesen Polen und den nächsten Polen der Packung 31. Wie an sich bekannt, werden elektrische Signale in den Wicklungen der Stator-Sensorpackung 30 erzeugt, die Funktionen der Induktanz darin sind und daher Funktionen der Position der Rotoranordnung 20. Wenn die Packung 31 relativ zur Packung 30 in Betrieb des VR-Motors rotiert, werden diese elektrischen Signale an die Steuerschaltung über die elektrischen Verbindungsleitungen gelegt. In an sich bekannter Weise spricht die Steuerschaltung auf diesen elektrischen Signale an und erzeugt ein Signal, das repräsentativ für die Rotationsposition und die Drehzahl der Rotoranordnung 20 relativ zum Stator 10 ist. Ebenso spricht die Steuerschaltung auf die Phasen-Differenzen zwischen den elektrischen Signalen an, um die Richtung der Rotation zu bestimmen. Die relative Drehzahl und Winkelposition der Rotoranordnung 20 kann auch durch andere Mittel bestimmt werden, z. B. durch optische Kodierer, magnetische Kodierer, Hall-Geräten und dergleichen.

Fig. 5 zeigt schematisch eine Stirnansicht des VR-Motors, wobei dargestellt ist, wie die Anfangs- und Endwindungen 15a und 15b jeder Spule 13 ausgerichtet sind, bzw. verlaufen, um ihren Anschluß an die Steuerschaltung zu erleichtern. Die Spulen 15 sind identifiziert durch gegenüberliegende Paare von Buchstaben, nämlich A und A', B und B', C und C', und D und D'. Die 4 Paare von Spulen 15 definieren somit 4 Phasen, die selektiv erregt werden kann, um eine Drehung des Rotors zu bewirken. Wegen der Symmetrie des Stators 10 und des Rotors 22 können die gegenüberliegenden Spulen-Paare 15 (A und A' beispielsweise) an die Steuerschaltung angeschlossen werden, so daß sie gleichzeitig erregt werden.

Wie Fig. 5 zeigt, sind die Anfangs- und Endwindungen 15a und 15b um die Enden jeder der Spulen 15 gefaltet, so daß sie sich in Umfangsrichtung um deren Enden erstrecken. Eine der Anfangs- und Endwindungen 15a und 15b entsprechend von jeder der Spulen 15 ist an eine gemeinsame oder elektrisch geerdete Leitung angeschlossen. Die anderen Anfangs- und Endwindungen 15a und 15b jeder der Spulen 15 sind an den Steuerschaltkreis in 4 Paaren angeschlossen, wobei jedes Paar aus einer Anfangs- oder Endwindung von den gegenüberliegenden Spulen oder Wicklungen besteht. Die Paare der Spulen 15 können parallel oder in Reihe angeschlossen sein. In jedem Fall wird dieselbe Menge an elektrischem Strom durch jedes Paar der Spulen 15 in den gegenüberliegenden Paaren hindurchgeführt. Das elektromagnetische Feld, das durch jede der Spulen 15

in den gegenüberliegenden Paaren erzeugt, ist daher dasselbe.

Die Steuerschaltung führt somit selektiv einen elektrischen Strom durch jede der Spulen 15, um elektromagnetische Felder im Stator 10 aufzubauen und zu steuern. Diese elektromagnetischen Felder ziehen selektiv die Rotor-Pole 23 auf die Stator-Pole 13 in bekannter Weise an. Als Folge dieser elektromagnetischen Anziehungskräfte wird der Rotor 20 relativ zum Stator 10 in Drehung versetzt. Durch Ausrichtung und Führung der verschiedenen Anfangswindungen 15a und der Endwindungen 15b der Spulen 15 in Umfangsrichtung um deren Enden, wird der verfügbare Platz effizient ausgenutzt, um die Spulen 15 an die Steuerschaltung anzuschließen.

#### Patentansprüche

1. Elektromotor mit einem hohen Stator aus einem magnetischen Material, der eine Mehrzahl von einwärts gerichteten Polen aufweist, einem Rotor aus einem magnetischen Material, der eine Mehrzahl von auswärts gerichteten Polen aufweist, ferner mit Einrichtungen zum drehbaren Abstützen des Rotors im Stator, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Wicklung aus Flachdraht um jeden der Stator-Pole angeordnet ist, daß diese Wicklungen an eine Steuerschaltung angeschlossen ist, um selektiv einen elektrischen Strom durch sie hindurch zu leiten, um den Rotor relativ zum Stator in Drehung zu versetzen.
2. Elektromotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stator eine zylindrische Gestalt hat.
3. Elektromotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stator mit 8 Polen ausgerüstet ist.
4. Elektromotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rotor mit 6 Polen ausgerüstet ist.
5. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtungen zur drehbaren Lagerung des Rotors im Stator ein Paar Deckel umfassen, die an den entgegengesetzten Enden des Stators befestigt sind, und daß in jedem Deckel ein Lager eingebaut ist, zur drehbaren Lagerung des Rotors im Stator.
6. Elektromotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Deckel die entgegengesetzten Enden der Spulen umschließen.
7. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder der Pole ein Paar Seiten aufweist und daß der Stator mit Abflachungen versehen ist, die von jeder dieser Seiten ausgehen, um eine Seite der zugehörigen Spule dort aufzunehmen.
8. Elektromotor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abflachungen sich quer zu den Seiten der Pole erstrecken.
9. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß Einrichtungen zum Halten der Spulen an den Polen vorgesehen sind.
10. Elektromotor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtungen zum Halten der Spulen an den Polen ein Paar fester Halterungen aufweisen, die in Eingriff mit einer radial inneren Oberfläche von jeder der Spulen stehen.
11. Elektromotor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede der Spulenhalterungen eine hohlzylindrische Gestalt hat.

12. Elektromotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Spulenhalterungen an ihrer Innenoberfläche mit einem ausgenommenen Endabschnitt versehen ist.
13. Elektromotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulenhalterungen so bemessen sind, daß sie in Reibungseingriff mit den radialen Innenoberflächen der Spulen stehen. 5
14. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Spulen eine Anfangswindung und eine Endwindung hat, zum Anschluß der Spulen an die Steuerschaltung. 10
15. Elektromotor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Anfangs- und Endwindungen sich in Umfangsrichtung um die Spulen erstreckt. 15
16. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Einrichtungen, um die Rotations-Position des Rotors relativ zum Stator zu messen. 20
17. Elektromotor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß diese Meßeinrichtungen eine Sensorpackung, die am Stator befestigt ist und eine Sensorpackung, die am Rotor befestigt ist, umfassen. 25
18. Elektromotor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Stator-Sensorpackung dieselbe Anzahl von Polen wie der Stator hat, und daß die Rotor-Sensorpackung dieselbe Anzahl von Polen wie der Rotor hat. 30
19. Elektromotor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole der Stator-Sensorpackung im Winkel ausgerichtet sind mit den Stator-Polen und daß die Pole der Rotor-Sensorpackung im Winkel ausgerichtet sind mit den Rotor-Polen. 35
20. Elektromotor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole der Stator-Sensorpackung so ausgerichtet sind, daß sie ko-planar mit den Polen der Rotor-Sensorpackung sind. 40

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

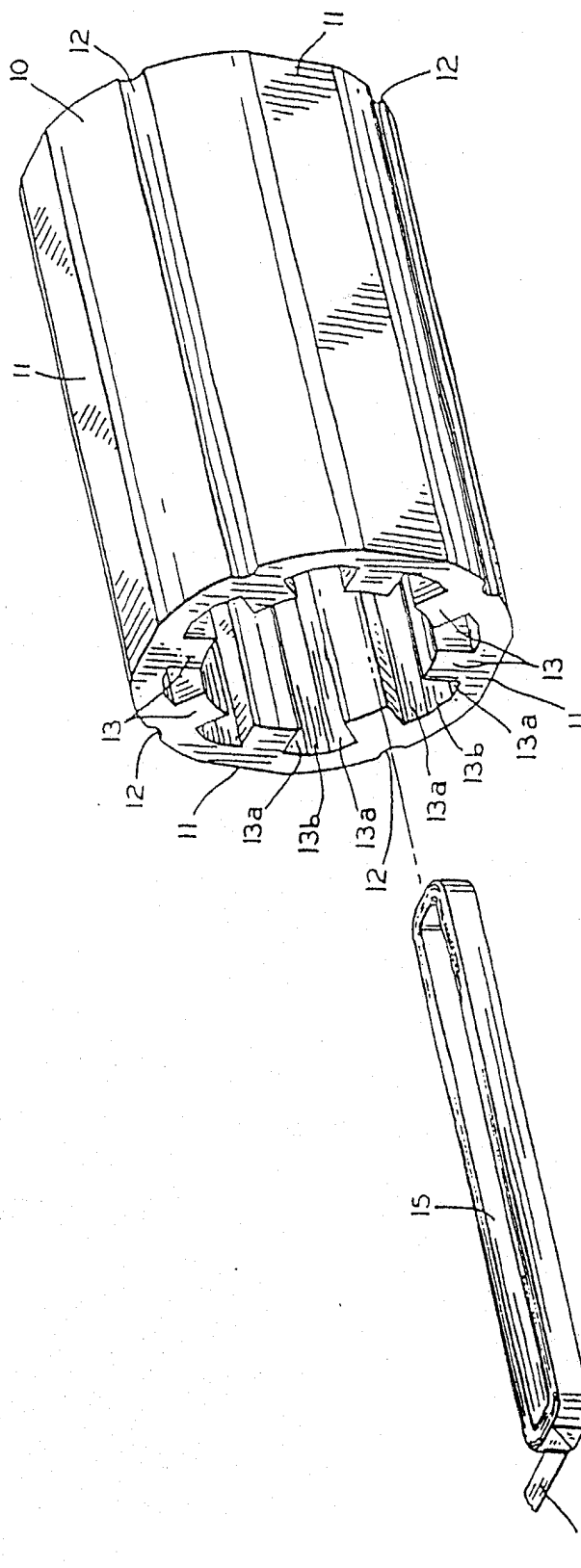


FIG. 1

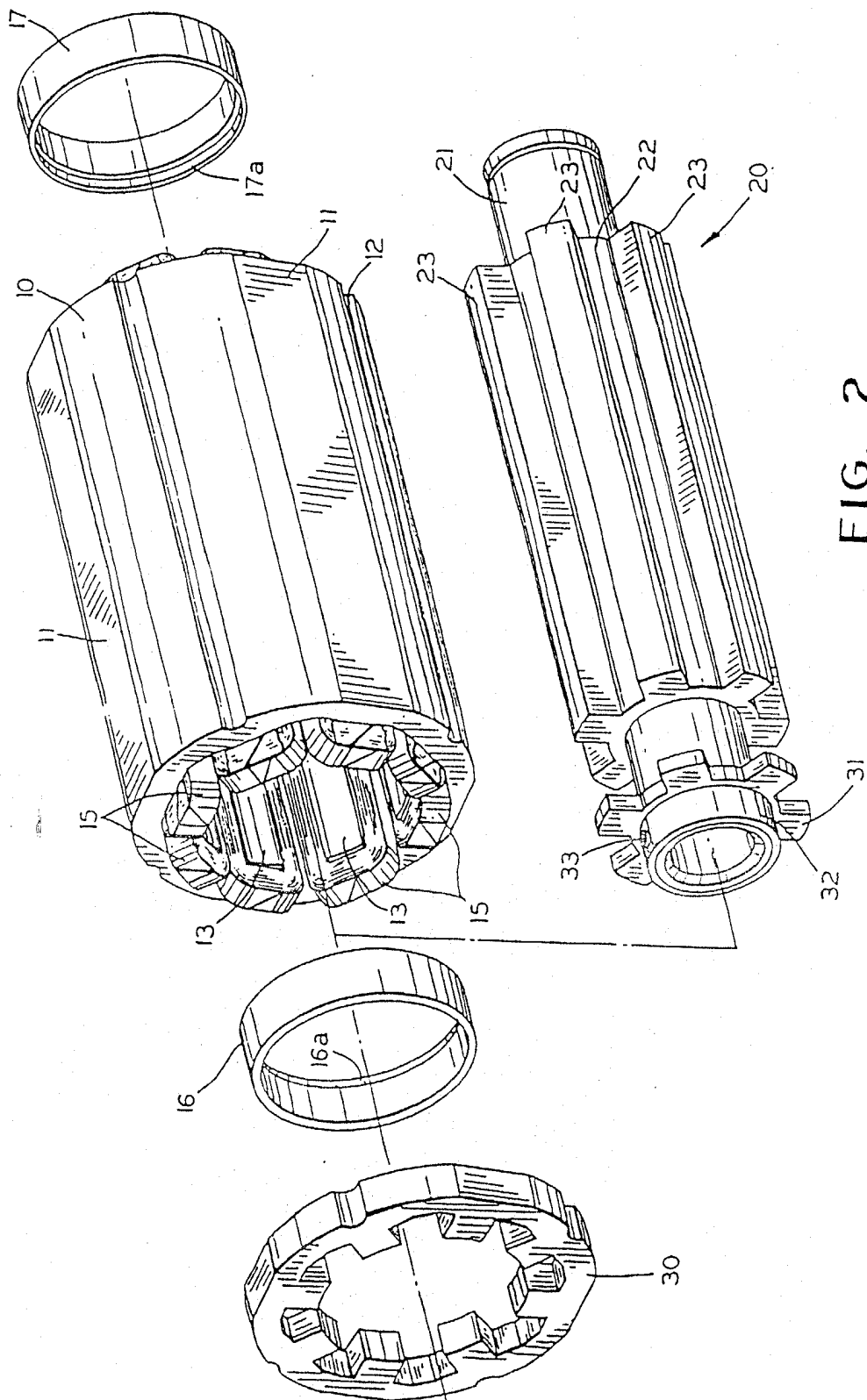


FIG. 2



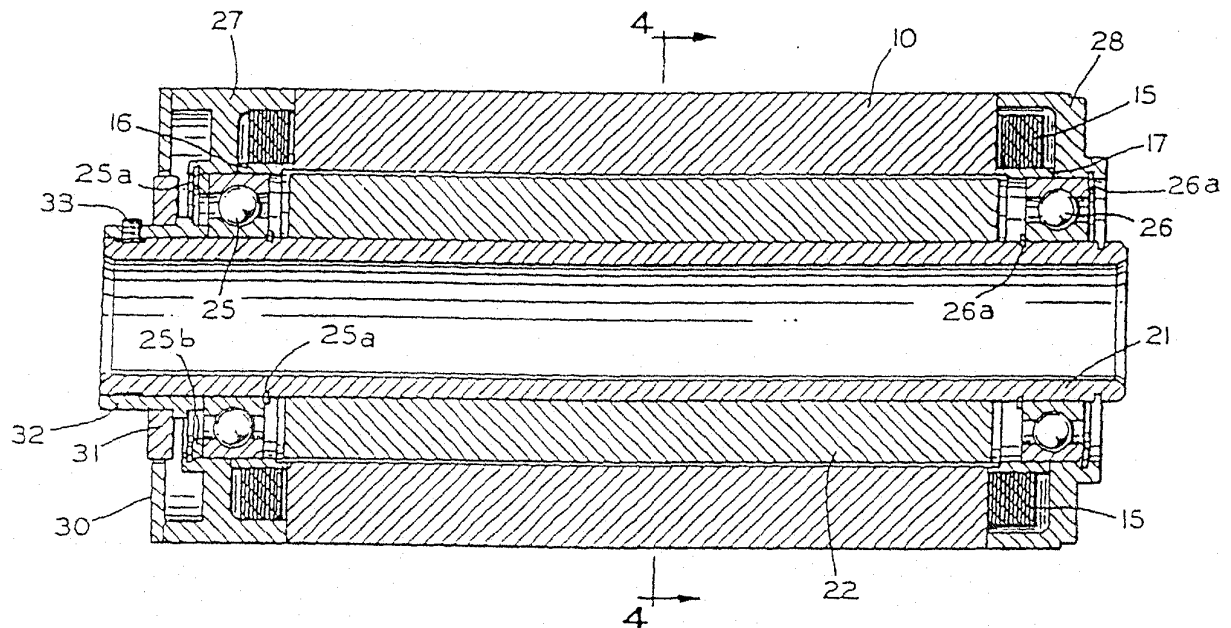


FIG. 3

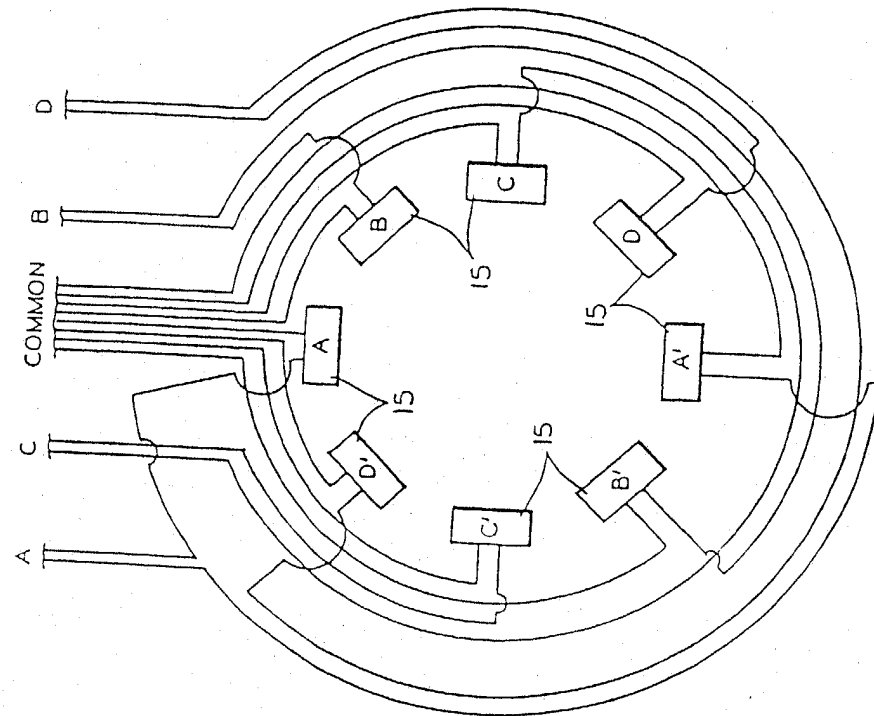


FIG. 5

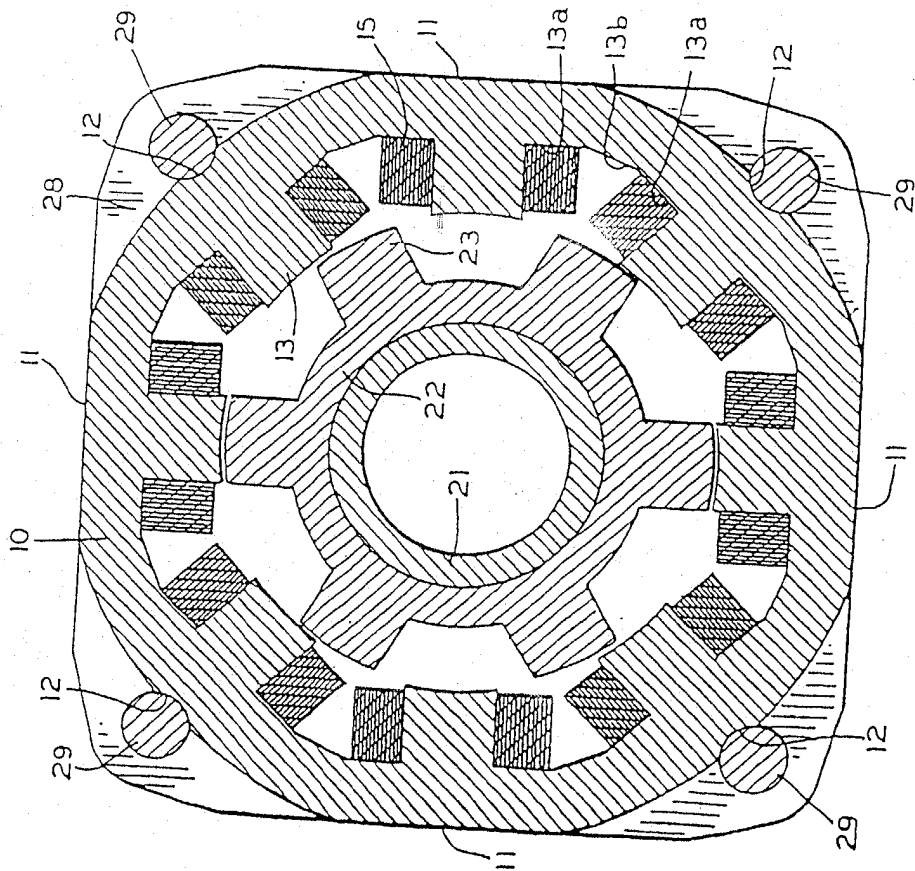


FIG. 4